



# GEORGE WHITESIDES

Professor de Química de la Universitat de Harvard

per Pere Estupinyà

**A**l llarg de la seua carrera, George Whitesides (Louisville, EUA, 1939) ha desenvolupat poderoses tècniques de nanofabricació com la litografia tova o l'autoassemblatge molecular. Investigacions que li van valer, entre molts altres guardons i reconeixements, el Premi Príncep d'Astúries el 2008. En la següent entrevista parlem amb ell de la seua particular visió de la nanotecnologia i d'altres assumptes de l'actualitat científica nord-americana. Als seus setanta anys, George Whitesides no pretén ser políticament correcte, ni repeteix els tòpics de sempre sobre nanotecnologia, ni dissimula una certa arrogància amb els seus plantejaments tan provocadors. Després d'un recorregut pels diversos laboratoris que dirigeix al Departament de Química de la Universitat de Harvard, comença l'entrevista preguntant ell: «Què t'ha semblat el que has vist?»

**«LA QUÍMICA ÉS LA VERITABLE NANOTECNOLOGIA»**



M'ha deixat impressionat la diversitat de projectes. Quantes disciplines diferents de científics hi treballen?

[Amb somriure de satisfacció.] Diria que potser unes quinze: biologia, enginyeria, computació, física, farmacologia, ciència de materials, tot tipus de químics...

I ja s'entenen entre ells?

Això és el que procurem! Hi ha tres raons per mantenir aquest esperit multidisciplinari. La primera és que els investigadors aprenen els uns dels altres, i això és molt estimulante per a ells. En segon lloc, els problemes actuals més transcendents en ciència i tecnologia són profundament complexos i impossibles d'afrontar només des d'una única perspectiva. Si realment vols fer alguna cosa important i innovadora has de mesclar investigadors excel·lents de diferents disciplines; ningú pot ser alhora un veritable expert en biologia cel·lular, microfabricació, desenvolupament de sensors i microscòpia d'alta resolució. I la tercera raó és força senzilla: treballar sempre dins del mateix camp és avorritíssim. És més interessant canviar cada cert temps, tenir diversos projectes entre mans, renovar-te i provar línies de recerca originals.

Expliqui'ns un projecte concret que seria impossible realitzar fora d'aquest plantejament.

Gairebé tot el que fem, però un molt bon exemple és l'extinció de flames amb camps elèctrics que has vist abans. Per fer aquesta recerca necessites gent que sàpiga treballar amb combustió, amb electrostàtica, termodinàmica, sistemes dinàmics, enginyers per dissenyar-ho, i, a més, que tots pensin conjuntament sobre el problema. Hi estem molt entusiasmats perquè és un projecte molt innovador i pot tenir aplicacions en indústria, energia, construcció, en el camp militar... En la societat trobem flames a tot arreu!

Em sembla curiós que encara no hagi citat les paraules *nanotecnologia* o *nanotecnòleg*... No li agrada el terme *nano*?

Si t'he de ser sincer, em deixa un poc indiferent. No és prou descriptiu, ni està gaire ben definit. El significat de *nano* depèn molt de les circumstàncies. Quan jo vaig començar es deia que la nanotecnologia treballava a menys d'una micra. Després deien que a menys de 100 nanòmetres. Ara si et dediques a microfabricació ho faràs en el rang dels 50 nm, 10 nm si ets un químic interessat en partícules que puguin penetrar teixits, i baixaràs fins a 2 nm

si com a físic vols aprofitar fenòmens quàntics. És una noció molt flexible i la pots definir gairebé com vulguis.

De fet, vostè és bastant crític amb la nanotecnologia. Diu que molts cops amb la *micro* ja és més que suficient, i s'abusa de la paraula *nano* perquè és moda.

[Es mou cap endavant, aixeca els braços, i adopta una expressió més seriosa.] Mira, la nanotecnologia va ser impulsada gràcies a dues promeses concretes, i cap de les dues funcionarà. La primera: amb el desenvolupament de microscopis de rastreig o TEM que ens permetien veure per primer cop àtoms i molècules, ens vam imaginar que seríem capaços de manipular la matèria a escala atòmica, i construir noves màquines o robots a escala nanoscòpica. Això no ha tingut sentit mai, i s'ha mantingut vigent perquè s'han ignorat les limitacions físiques que comporta. No tindrem petits submarins circulant per la sang en direcció a les cèl·lules cancerígenes, el mateix flux sanguini n'és un gran inconvenient. Els limfòcits

tenen les dimensions que tenen per alguna raó, i ja els costa prou trobar cèl·lules cancerígenes; submarins robòtics minúsculs no ho faran. La segona promesa va arribar amb les tecnologies de la informació, els microprocessadors, els circuits electrònics, i la necessitat d'anar reduint-los constantment. Aquí el que succeeix és que la microelectrònica convencional ja està produint siste-

mes tan petits que no fa falta en absolut incorporar-hi eines de nanociència. La microelectrònica comercial treballa a escales de 40 nanòmetres, i les abaixarà encara més. Jo crec que continuarà millorant fins oferir uns productes de consum fabulosos, que no necessitem reduir més, i després colonitzarà altres mercats arreu del món. Però avançarà per evolució, no per revolució.

On tindrà èxit llavors la nanotecnologia?

En els camps de l'energia i del sanejament d'aigua ja en té. Allí trobem estructures nanoscòpiques per tot arreu. La nanotecnologia va néixer amb unes idees, però ha evolucionat per altres camins. Tots els combustibles a base d'hidrocarburs estan sent processats per estructures a escala nanoscòpica sobre un suport d'alumini. Ho fan químics i li diem catàlisi heterogènia, però en el fons és nanotecnologia. I què dir de l'energia solar, això sí que és prometedor! Jo vull saber com funciona la fotosíntesi a nivell químic, i fer ciència de materials per intentar aprofitar tan bé com les plantes l'energia del Sol.





He llegit una frase seva, «La química és la veritable nanotecnologia», en un text on assegurava que en el camp de la medicina, la veritable disciplina del futur és la química, no la biologia molecular.

Sí. Semblava que entràvem en l'era del genoma, però cada cop tenim més clar que quan llegim l'ADN no hi trobem tanta informació com ens pensàvem. La seqüència de bases fa curt, no ens diu res de la catàlisi ni de les reaccions químiques, que per a mi són la clau del que entenem per vida. La biologia molecular ha arribat a llegir el genoma, però s'estan deixant moltes coses enrere. Aquest grau de detall no interessa tant als biòlegs, però és imprescindible que algú es preocupi de les reaccions i la comunicació entre els elements de l'interior d'una cèl·lula, que són purament química.

Vostè dona un paper central a la química en totes les àrees del coneixement, de fet el seu grup investiga en àrees tan disperses com els sistemes complexos o l'origen de la vida.

Per a mi la pregunta sobre l'origen de la vida és purament química, no té res a veure amb la biologia. Mira, una cosa bona de fer-te gran és que acabes veient moltes temàtiques diferents. Jo sóc químic, però el que vull és investigar problemes interessants. Em fa igual com els classificuis, jo ja li trobaré la perspectiva química. Un bon exemple és la complexitat. Per a mi és con-

**«SI REALMENT VOLS FER  
ALGUNA COSA IMPORTANT  
I INNOVADORA HAS DE  
MESCLAR INVESTIGADORS  
EXCEL·LENTS DE DIFERENTS  
DISCIPLINES»**

ceptualment impressionant; una disciplina que es pot aplicar a paquets d'energia, trànsit, neurones, mercats borsaris, molècules dins la cèl·lula... a qualsevol sistema format per elements que interaccionen entre ells de manera aparentment aleatòria i llavors, sense entendre per què ni com, alguna cosa succeeix. Aquestes propietats emergents són impressionants; ens deixen bocabadats i amb dues preguntes bàsiques per resoldre. La primera: hi ha una ciència que pugui arribar a descriure de manera satisfactòria les lleis internes d'aquesta complexitat? I la segona: això nou que apareix... hi era allà abans i és qüestió de ser més afinats amb els càlculs, o és realment imprevisible?

De segur que això no és terreny per als físics?

Et posaré un exemple químic. imagina't que tu ho saps tot sobre l'estructura de la molècula d'aigua. Podries preveure la transició de líquid a gel? O succeeix a un nivell diferent? Jo crec que és fonamentalment diferent, perquè la segona llei de la termodinàmica, per exem-

ple, apareix quan hi ha més d'una molècula, no una sola. Als físics no els sol agradar aquest plantejament, perquè ells pensen que si van desgranant el sistema de dalt a baix podran arribar a entendre totes les seves característiques. Solen ser més reduccionistes, però jo com a químic tinc una aproximació diferent. Nosaltres al laboratori construïm nous sistemes complexos en lloc de deconstruir-

ne d'existents. I llavors els estudiem d'una manera més holística.

I això que vostè apostava per la multidisciplinarietat...

[Somriu.] Deixa'm que t'expliqui una anècdota. Fa un parell d'anys participava en un congrés a Avinyó sobre ètica de la nanotecnologia (no crec que hi hagi cap problema ètic amb la nanotecnologia, però això és un altre assumpte) on es va concloure que els grans reptes actuals de la societat, com ara mantenir el planeta Terra habitable, tenir un sistema sanitari que arribi a tothom o aprofitar la globalització per redistribuir els beneficis de la societat amb justícia... tots eren problemes químics.

La globalització també? En quin sentit?

Què fa la globalització? Distribuir treballs arreu del món seguint el cost més baix. Però quin tipus de treballs? Els de producció, la base dels quals és purament química. Tu i jo vivim en països on no tenim «necessitats» sinó



## PASSEJANT PEL LABORATORI DE WHITESIDES

A més de poder parlar amb George Whitesides sobre diverses qüestions relatives a la nanotecnologia i a la ciència actual, el químic ens va brindar l'oportunitat de visitar el seu laboratori i conèixer en què treballen els membres del seu equip de recerca.



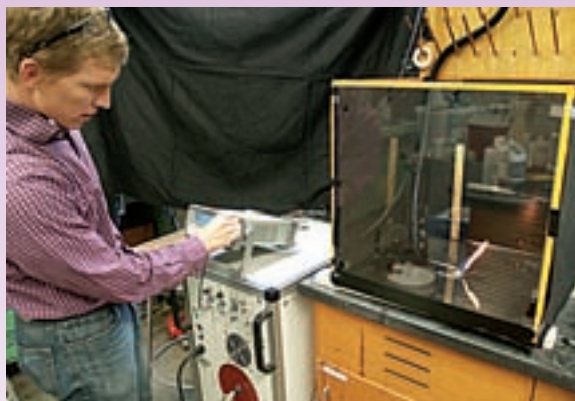
### Infoquímica

George Whitesides és un pioner en l'innovador camp de la infoquímica, que pretén codificar informació utilitzant reaccions químiques en lloc de zeros i uns electrònics. El xip creat amb microfluidica per Roger York i Audrey Ellerbee processa informació amb bombolles d'aire. No tenen cap aplicació en ment encara, però això no els importa gens ni mica. Ja n'arribaran.



### Levitació

Filip Ilievski em va mostrar unes boletes de diferent densitat dins un fluid paramagnètic, que levitaven a diferent alçada en aplicar-los un camp magnètic. No semblava massa espectacular. L'aspecte més nou era la simplicitat d'aquesta tècnica patentada per Whitesides, que no requereix fluids a temperatures supercrítiques ni condicions extremes, i pot ser aplicada amb sensors que aprofitin diferències de densitat per detectar, per exemple, si un oli està adulterat.



### Apagar flames amb electricitat

Durant una combustió, a més de diòxid de carboni i vapor d'aigua també es generen gran quantitat de partícules carregades positivament i negativament. Quan Kyle Bishop va aplicar un camp elèctric al voltant d'aquesta flama, les partícules es van desplaçar generant un efecte semblant al vent. La flama es movia com si algú estigués bufant, i en apujar de cop la intensitat, es va apagar immediatament.



### Cultius cel·lulars en 3D

La química gironina Anna Laromaine em va mostrar la seva recerca com a *post-doc* al laboratori de Whitesides. Totes les cèl·lules del teu cos tenen un vas sanguini proper que els subministra oxigen i nutrients, però quan un tumor creix, va acumulant capes de cèl·lules de manera que les centrals queden aïllades i reben menys oxigen. Per saber què passa allí, els científics utilitzen cultius cel·lulars. Una limitació d'aquests cultius és que són «plans» i es fa difícil reproduir una estructura tridimensional. Anna Laromaine combina gels amb paper per dissenyar una estructura molt senzilla que permeti als investigadors col·locar cèl·lules de manera tridimensional i, per exemple, reproduir *in vitro* l'estructura d'un tumor.





#### Xips per a *Caenorhabditis elegans*

No entenia quina era la pregunta científica que volia respondre Lizzy Hulme amb el seu xip per a cucs *C. elegans* preparat amb la tècnica de *soft lithography* desenvolupada per Whitesides. Quan li ho vaig consultar em va respondre: «Nosaltres no fem ciència amb eines, sinó eines per fer ciència.» Aquest dispositiu no serveix per res més que per tenir un gran nombre de *C. elegans* en un espai reduït i poder fer cert tipus d'experiments que abans no es podien realitzar. Ni per res menys.



#### Diagnòstic per a tothom

Aquests petits papers de colors que Anna Laromaine ens ensenya són tests per analitzar de manera fàcil i barata mostres de sang i orina. La idea del *lab on a chip* no és ben bé nova, però George Whitesides està obsessionat a abaixar el preu de la tecnologia perquè pugui arribar a gran escala als països en vies de desenvolupament. Aquest xip de paper cromatogràfic dissenyat amb tècniques de microfluidica permet detectar nivells de glucosa, proteïnes i altres dades relatives a la salut de manera molt assequible.

«desitjos». Qualsevol ciutadà nord-americà pot accedir a aigua potable i a una sanitat mínima, però això no passa a Namíbia. El Tercer Món és ple de gent amb necessitats materials concretes com fàrmacs, aliments o potabilització, que són produïdes per la química. Hi ha molta feina a fer, i el que hem de procurar és que ells mateixos fabriquin tots aquests productes de manera senzilla, per engegar el cicle del desenvolupament: tu poses diners perquè la gent compri coses, coses que algú ha d'haver produït, havent generat llocs de feina, que permetran tenir diners per comprar més coses.

En parlen molt, de l'ajuda que la ciència pot prestar al món en desenvolupament, però pensa que en el fons hi ha una veritable actitud d'ajuda?

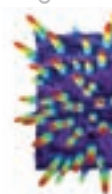
Ja coneixes els Estats Units... les nostres prioritats són dirigides pel benefici econòmic. La societat està convençuda que la salut és una oportunitat de negoci, no una obligació social. És molt complex, perquè plantejant-ho d'una manera tan crua li estàs passant la res-

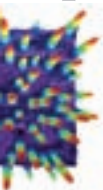
**«EN LA MAJORIA DE SOCIETATS  
AVANÇADES LA INVESTIGACIÓ  
S'HA CONVERTIT EN UN NEGOCI  
QUE MOU MOLTS DINERS, AMB  
POCA FLEXIBILITAT I MASSA  
BUROCRÀCIA»**

ponsabilitat al govern, que per altra banda és ineficient i no sap fer res per si sol. Els únics que poden fer canvis substancials són les empreses privades amb afany lucratiu, però elles estan interessades en el càncer o les malalties coronàries, que són malalties que apareixen en edats avançades. Per a la salut de la població seria més eficient netejar l'aire de les ciutats que donar mil·lors anticossos monoclonals durant els últims sis mesos de vida, però aquí no hi ha un model de negoci clar. Llavors, tu em preguntes si la ciència mèdica investiga seriosament en aplicacions sòlides, de baix cost, i que puguin ser utilitzades de manera àmplia per tota la població, inclosa la que no té recursos. La resposta és un no contundent.

Un dels seus projectes s'adreça justament a disminuir els costos d'anàlisis sanguínies als països pobres.

Sí, hem dissenyat papers que detecten diversos indicadors. Hem començat i la tecnologia està força avançada, però no la podem implantar a gran escala fins que





algú digui: «Ens interessa, i volem cent mil unitats per distribuir-les pels hospitals a veure com funciona. Si va bé us en demanarem més.» És clar, el problema és que aquest producte està pensat justament perquè sigui molt barat i es pugui aplicar a l'Índia o Àfrica. O fins i tot que serveixi per reduir el cost de les anàlisis sanguínies als Estats Units.

I això no interessa...

Exacte. Però aquí, si et fixes, hi ha una paradoxa molt gran. A la societat actual ens hem acostumat al fet que la informació sigui gratuïta i que el valor econòmic s'afegeixi en gestionar-la. En canvi, les teves anàlisis de sang són molt més cares del que podrien ser. I això és perquè es consideren com una oportunitat de negoci. La conseqüència és que la gent controla la seva salut molt menys de l'aconsellable. És absurd, perquè produint sistemes analítics de baix cost podríem controlar el nostre cos de manera molt més eficient. La informació de salut hauria de ser –i podria ser-ho–, gratuïta, i buscar l'oportunitat de negoci amb la gestió d'aquesta informació.

Més de la meitat del pressupost del 2010 per a ciència d'Estats Units es dedicarà a investigació militar. Gran part de la vostra recerca és finançada per la DARPA, l'agència d'investigació del departament de defensa dels Estats Units. Quina opinió li mereix la investigació militar?

És un assumpte complicat. Deixa'm que t'expliqui. En aquest país les universitats que actuen com grans cen-

tres d'investigació, tipus Caltech, Harvard, el MIT o la Universitat de Chicago, tenim un rol complex dins la societat. No estem pensades només per a ensenyar, sinó també per a investigar, crear riquesa, llocs de feina, serveis i assessorar el govern. D'alguna manera ens demanen que pensem per la societat. Abans de la Segona Guerra Mundial la funció bàsica de les universitats era ensenyar als alumnes, però tot va canviar quan Vannevar Bush va preparar el seu famós informe *The endless frontier*, on deia que les universitats d'investigació havien de preocupar-se de tres assumptes bàsics: ocupació, salut i seguretat nacional. I si mirem la història del segle xx, queda clar que no podem menysprear aquest tercer punt. Quina és la quantitat adequada per a invertir en seguretat nacional? Aquí no hi ha una res-

posta clara, la guerra és caríssima. És obvi que sempre és millor evitar-la, per descomptat. Sempre. Però si som realistes en un assumpte tan important com aquest, hem de reconèixer que això no sempre és possible. És clar que els EUA i l'URSS es podrien haver estalviat tot aquest dineral gastat en armes nuclears fa unes dècades, però, per altra banda, és el món millor o pitjor a causa de

l'existència d'armament nuclear? Jo no ho sé, però crec que possiblement és millor, ja que ha permès evitar que certes nacions entrin en guerra a gran escala, en saber que ningú pot vèncer-les.

Home...

El fet és que des de la Segona Guerra Mundial no hem tingut guerres grans, solament de petites. És compli-

**«EL TERME 'NANO' EM DEIXA UN POC INDIFERENT. NO ÉS PROU DESCRIPTIU, NI ESTÀ GAIRE BEN DEFINIT. EL SEU SIGNIFICAT DEPÈN MOLT DE LES CIRCUMSTÀNCIES»**

**INTERGLOBE**

**INTERGLOBE**

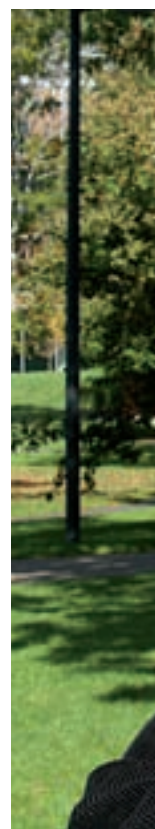
**INTERGLOBE**



**[sciencediting@interglobelanguage.com](mailto:sciencediting@interglobelanguage.com)**

**[www.interglobelanguage.com](http://www.interglobelanguage.com) Tel 665.816.670**

**ESPECIALISTES EN TRADUCCIÓ / CORRECCIÓ DE TEXTOS**





cat, però tampoc podem oblidar que la tecnologia de la informació, la ciència de materials, l'energia nuclear o els avions que ara tenim han sortit en gran part d'investigacions militars.

Es podria haver fet més barat pensant directament en les aplicacions civils sense passar per les militars.

Sí, és clar, tens raó. Moltíssim més barat, però... Ho hauríem fet? Qui sap.

Llavors la seva recerca finançada per la DARPA, té fins militars?

No. Jo mai no he treballat amb un sistema militar, o amb armes, ni ho faria. Nosaltres posem la base científica, però tot el que fem per a la DARPA sempre té aplicacions civils, i són les úniques en què nosaltres pensem. Creu-me, realment és així, estem convençuts d'utilitzar la ciència per fer un món millor.

En aquest sentit, vostè ha manifestat molt clarament que el seu objectiu és marcar diferències.

Sí, a tres nivells: amb les persones, els conceptes i la tecnologia. En tecnologia, altres investigadors i jo ja hem estat molt involucrats amb avanços dins les àrees de autoassemblatge, litografia o microfabricació de

baix cost, que estan sent utilitzades per molta gent generant llocs de feina i riquesa. Quant a concepte, volem aprofitar el poder que ens dona la nostra posició per crear noves tendències. Hi ha molta gent treballant en projectes de desenvolupament, però tradicionalment els químics no hi han estat implicats. Jo intento fer conèixer que hi ha un camp d'oportunitats amplíssim perquè la química participi en assumptes com l'aigua, l'alimentació, diagnòstic, vacunes... I intento motivar més científics a treballar en aquest tipus de projectes. I en tercer lloc, les persones, que són importantíssimes. Un gran objectiu nostre és crear una estructura social de grup d'investigació, on els estudiants d'aquí estiguin molt centrats a fer una millor funció per a la societat. Jo crec que mitjançant els estudiants podríem canviar l'agenda científica. No em malinterpretis, no estic manipulant els estudiants perquè segueixin el que a mi em ve de gust... jo sincerament penso que és més profitós per a ells que publicar articles científics en publicacions de referència. Aquí també ens toca publicar, però no ens interessa tant.

Per què ha estat tan crític amb el sistema de publicacions científiques?

Jo sóc crític sobretot amb el *peer review*. És molt, molt, molt conservador. El que fa és eliminar tots els treballs dolents i gran part dels més bons. Nosaltres publiquem per poder tenir finançament que ens permeti fer recerques més aventureres, que són les que volem fer en realitat. És una situació ètica estranya, perquè estic ensenyant als estudiants a ser poc honrats amb el que realment els interessa fer, i així aconseguir diners amb els quals portar a terme les seves idees. Ens toca seguir aquest joc, perquè en la majoria de societats avançades la investigació s'ha convertit en un negoci que mou molts diners, amb poca flexibilitat i massa burocràcia.

No vull acabar sense preguntar-li per l'alegria amb què els científics d'Estat Units han rebut Obama.

La situació ha canviat molt, perquè les primeres decisions que va prendre sí que mostraven una aposta molt forta per la ciència. Va rodejar-se d'un equip d'assessors científics excel·lent, ha augmentat el finançament i ha promès que mai modificarà els resultats científics perquè confirmin el seu programa polític. Jo sí que acuso George W. Bush d'haver tergiversat informacions, especialment en allò referent al canvi climàtic. Obama sembla que va en bona direcció, i les seves paraules reflecteixen bons fonaments. Espero que se'n surti. No és fàcil, però si ho fa, serà una fita molt important. ☺

**Pere Estupinyà.** Periodista científic (Washington DC).

